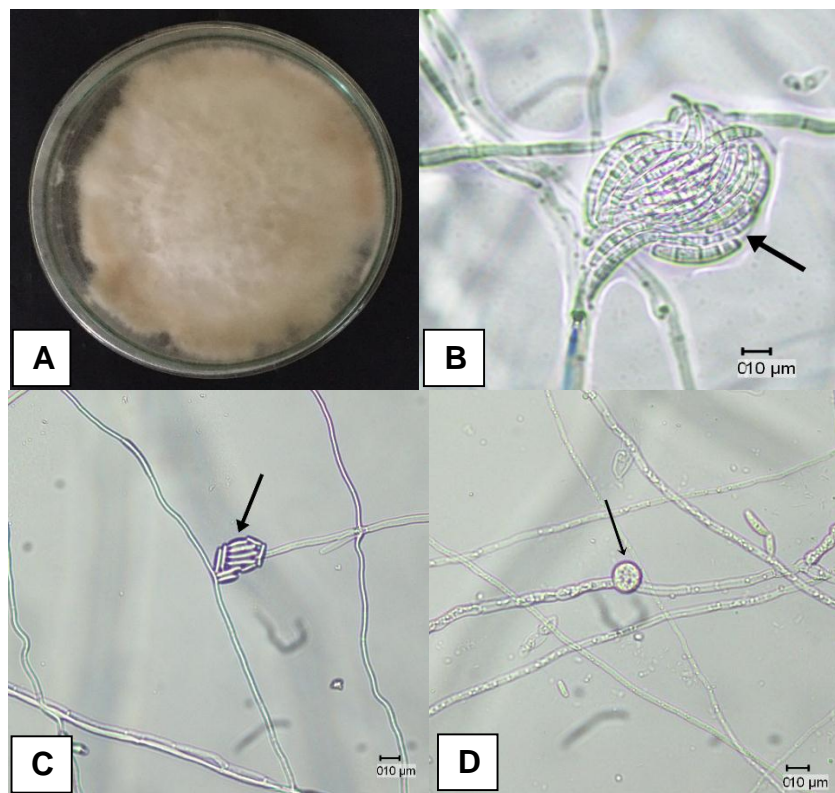


## IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Isolasi dan Identifikasi Jamur *F. oxysporum*

Isolat jamur *F. oxysporum* didapatkan dari tanaman bawang merah yang menunjukkan gejala busuk pangkal batang di lapang, kemudian diisolasi pada media PDA. Identifikasi jamur *F. oxysporum* dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan dengan mengamati warna dan bentuk koloni jamur yang tumbuh pada media PDA, sedangkan pengamatan mikroskopis meliputi bentuk hifa, makrokonidia, mikrokonidia, dan klamidospora.

Hasil pengamatan makroskopis menunjukkan koloni jamur berwarna putih kusam atau putih kekuningan dan memiliki warna dasar putih keunguan. Tepi koloni tidak rata dengan tekstur permukaan seperti kapas (gambar 7).



Gambar 7. Morfologi makroskopis dan mikroskopis *F. oxysporum*; A. Koloni *F. oxysporum* pada media PDA, B. Makrokonidia (perbesaran 400x), C.Mikrokonidia (perbesaran 400x). D. Klamidospora (perbesaran 400x).

Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat dan hialin. Makrokonidia berbentuk bulan sabit dan meruncing pada kedua ujungnya. Makrokonidia bersekat dan terdiri dari 3 – 5 sel. Makrokonidia memiliki ukuran

43,35 x 6,54  $\mu\text{m}$ . Mikrokonidia berbentuk oval atau silinder, berwarna hialin, beberapa memiliki sekat dan terdiri dari 1 – 2 sel. Mikrokonidia berukuran 7,33 x 2,54  $\mu\text{m}$ . Klamidospora berbentuk bulat dan memiliki diameter berukuran 10,9  $\mu\text{m}$ . Pengamatan ciri morfologi jamur *F. oxysporum* didasarkan pada deskripsi Barnett dan Hunter (1998) dan Wanatabe (2002) menyebutkan bahwa miselium jamur *F. oxysporum* memiliki tekstur seperti kapas. Warna koloni jamur merah muda, ungu atau kuning. Konidia berwarna hialin dan terdiri dari dua tipe yaitu makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidia berwarna hialin, berbentuk seperti perahu atau bulan sabit dengan ujung sel meruncing atau ramping. Makrokonidia umumnya terdiri dari empat sel dengan ukuran (29,1 – 45) x (2,9 – 4,79)  $\mu\text{m}$  sedangkan mikrokonidia terdiri dari 1 – 3 sel, memiliki ukuran (6 – 15,8) x (1,9 – 3,79)  $\mu\text{m}$ , berbentuk oval dan berwarna hialin. Klamidospora berbentuk bulat dan bergerombol. Ukuran diameter klamidospora adalah 10,2 – 15  $\mu\text{m}$ .

#### 4.2 Uji Postulat Koch

Pengujian postulat koch dilakukan untuk memastikan bahwa jamur *F. oxysporum* yang didapatkan dari hasil isolasi merupakan patogen yang menyerang tanaman bawang merah. Hasil uji postulat koch menunjukkan gejala serangan busuk pangkal batang pada tanaman yang diinokulasi jamur *F. oxysporum*. Ciri-ciri gejala yang muncul ditunjukkan dengan perubahan warna daun menjadi kuning atau pucat, bagian ujung daun kering berwarna coklat, daun layu secara keseluruhan, tanaman mudah dicabut, dan akar tanaman rusak (gambar 8). Tanaman yang bergejala diisolasi kembali untuk mendapatkan isolat jamur *F. oxysporum* yang sama dengan isolasi awal.



Gambar 8. Hasil uji postulat koch jamur *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah (14 hst). A. Tanaman bawang merah bergejala *F. oxysporum*. B. Tanaman bawang merah sehat

Pengamatan hasil reisolasi dari postulat koch secara makroskopis pada media PDA menunjukkan koloni jamur berwarna putih yang kemudian berubah menjadi putih kekuningan. Dasar koloni berwarna putih keunguan dan memiliki tekstur seperti kapas. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan isolat jamur memiliki hifa bersekat, berwarna hialin, menghasilkan makrokonidia berbentuk bulan sabit dan bersekat, mikrokonidia berbentuk oval, serta menghasilkan kladospora berbentuk bulat. Pengamatan isolat jamur *F. oxysporum* secara makroskopis dan mikroskopis dari postulat koch menunjukkan hasil yang sama seperti hasil isolasi awal, hal ini menunjukkan bahwa jamur *F. oxysporum* hasil isolasi merupakan penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman bawang merah.

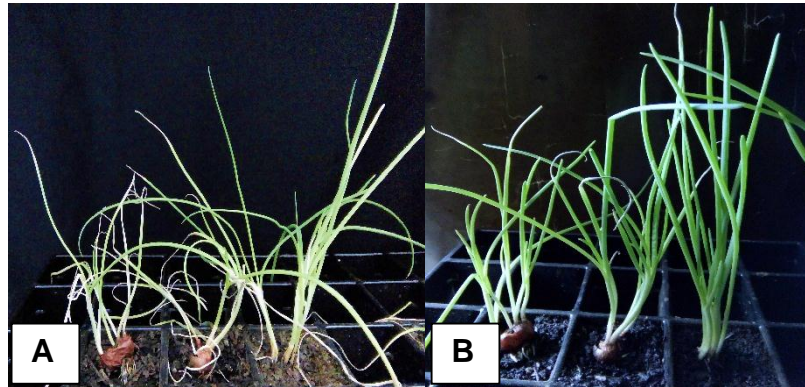
Patogen hasil isolasi dapat dikatakan sebagai penyebab penyakit ketika memenuhi kaidah koch yaitu (i) patogen tersebut didapatkan berasosiasi dengan penyakit pada tumbuhan sakit yang diuji, (ii) patogen harus dapat diisolasi dan ditumbuhkan pada media biakan jika bersifat parasit non obligat atau dapat diisolasi pada tumbuhan inang yang rentan jika bersifat parasit obligat, (iii) patogen hasil biakan murni harus dapat diinokulasikan pada tumbuhan sehat dari spesies atau varietas yang sama dengan tempat penyakit tersebut muncul dan patogen tersebut harus menghasilkan gejala penyakit yang sama pada tumbuhan yang telah diinokulasi, (iv) patogen yang telah muncul harus dapat diisolasi kembali dan harus memiliki sifat sama dengan langkah kedua (Agrios, 1996).

#### **4.3 Gejala serangan *F. oxysporum* pada Tanaman Bawang Merah**

Gejala serangan *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah ditunjukkan dengan ujung daun mengering yang kemudian meluas ke bagian pangkal daun. Daun tanaman menguning dan layu. Tanaman yang terserang *F. oxysporum* menunjukkan pembusukan pada bagian pangkal daun sehingga daun mudah dicabut dan terpisah dengan bagian umbi. Beberapa tanaman bawang merah yang terserang *F. oxysporum* menunjukkan gejala bentuk daun yang meliuk pada bagian pangkal dan ujung daun. Serangan lebih lanjut menyebabkan tanaman layu keseluruhan kemudian kering dan mati (gambar 9).

Jamur *F. oxysporum* menginfeksi tanaman bawang merah pada berbagai tingkat pertumbuhan. Pada fase pembibitan, jamur *F. oxysporum* menginfeksi pelepah daun muda dan menyebabkan rebah kecambah. Pada tanaman

dewasa, jamur *F. oxysporum* mempenetrasi pangkal daun tua dan menyebabkan daun melengkung, menguning, dan layu (Hasanuddin dan Rosmayati, 2013).



Gambar 9. Gejala serangan *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah (14 hst). A. Tanaman bawang merah terserang *F. oxysporum*. B. Tanaman bawang merah sehat.

Pengamatan gejala *F. oxysporum* di lapang ditandai dengan perubahan warna daun menjadi kuning atau coklat. Kerusakan daun dimulai dari bagian ujung daun dan meluas hingga ke bagian pangkal daun. Batang semu dan daun terlihat meliuk. Umbi lapis tampak kecil dan terjadi diskolorasi hingga nekrosis. Bagian akar tanaman yang terserang patogen terlihat busuk dan berubah warna menjadi coklat kehitaman (Sintayehu *et al.*, 2011; Wiyatiningsih dan Sukaryirini., 2010). Patogen tular tanah menginfeksi akar dan bagian tanaman yang berbatasan dengan permukaan tanah, kemudian berkembang dalam pembuluh xilem dan terjadi penyumbatan transportasi hara dan air. Penyumbatan pembuluh xilem mengakibatkan tanaman layu, selanjutnya patogen akan menyebar ke seluruh bagian tanaman dan serangan berat menyebabkan tanaman mati (Sumartini, 2011).

#### 4.4 Uji Penghambatan Pertumbuhan Jamur *F. oxysporum* secara *In vitro*

Pengamatan uji penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* dengan bakteri antagonis secara tunggal dan konsorsium dilakukan selama 6 hari. Penghambatan pertumbuhan jamur diketahui melalui pengukuran pertumbuhan miselium jamur pada media PDA. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa bakteri antagonis tunggal dan konsorsium memiliki pengaruh nyata terhadap daya hambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* secara *in vitro* pada pengamatan hari pertama sampai hari keenam.

Pengamatan hari pertama sampai hari ketiga, perlakuan tunggal bakteri *B. subtilis* memiliki persentase penghambatan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan bakteri antagonis lainnya yaitu berturut-turut sebesar 63,19%, 61,75%, dan 59,43%, namun memiliki kemampuan menghambat yang sama dengan perlakuan fungisida, konsorsium bakteri *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp., dan konsorsium bakteri *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp. Pengamatan hari keempat perlakuan tunggal bakteri *B. subtilis*, perlakuan tunggal *P. fluorescens*, konsorsium *B. subtilis* + *P. fluorescens*, konsorsium *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp., konsorsium *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp., dan fungisida menunjukkan kemampuan yang sama dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum*. Pengamatan hari kelima sampai hari keenam, perlakuan konsorsium *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp. Menunjukkan persentase penghambatan lebih tinggi yaitu berturut-turut sebesar 51,52% dan 55,52%, namun memiliki kemampuan menghambat yang sama dengan perlakuan tunggal *B. subtilis*, konsorsium *B. subtilis* + *P. fluorescens*, konsorsium *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp., dan fungisida (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase penghambatan pertumbuhan jamur *F. oxysporum*

Perlakuan	% Rerata Daya Hambat pada Pengamatan ke-					
	1	2	3	4	5	6
Kontrol	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<i>B. subtilis</i>	63,19 <sup>e</sup>	61,75 <sup>e</sup>	59,43 <sup>d</sup>	50,33 <sup>c</sup>	48,50 <sup>c</sup>	51,68 <sup>c</sup>
<i>P. fluorescens</i>	21,53 <sup>bc</sup>	24,21 <sup>bc</sup>	24,98 <sup>b</sup>	23,22 <sup>bc</sup>	26,11 <sup>b</sup>	24,91 <sup>b</sup>
<i>Corynebacterium</i> sp.	17,92 <sup>b</sup>	27,54 <sup>bc</sup>	22,61 <sup>b</sup>	18,58 <sup>b</sup>	21,14 <sup>b</sup>	23,99 <sup>b</sup>
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>	11,53 <sup>b</sup>	20,88 <sup>b</sup>	31,22 <sup>bc</sup>	29,20 <sup>bc</sup>	33,21 <sup>bc</sup>	35,12 <sup>bc</sup>
<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	58,06 <sup>de</sup>	55,44 <sup>de</sup>	51,81 <sup>cd</sup>	50,24 <sup>c</sup>	51,52 <sup>c</sup>	55,52 <sup>c</sup>
<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	38,61 <sup>cd</sup>	25,18 <sup>bc</sup>	24,21 <sup>b</sup>	22,77 <sup>b</sup>	24,17 <sup>b</sup>	25,77 <sup>b</sup>
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	46,67 <sup>de</sup>	40,53 <sup>cd</sup>	35,10 <sup>bcd</sup>	30,66 <sup>bc</sup>	37,64 <sup>bc</sup>	44,18 <sup>bc</sup>
Fungisida	70,70 <sup>e</sup>	61,75 <sup>e</sup>	52,71 <sup>cd</sup>	48,43 <sup>c</sup>	41,56 <sup>bc</sup>	38,45 <sup>bc</sup>

Keterangan :Data pada tabel merupakan data asli dan ditransformasi menggunakan arc sin. Bilangan yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kesalahan 5%.

Bakteri *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. sebagai agens antagonis mampu menekan miselium jamur *F. oxysporum* yang diaplikasikan secara tunggal dan konsorsium dalam kondisi *in vitro*. Bakteri *B. subtilis* sebagai penghasil produk bioaktif memiliki kemampuan memproduksi

metabolit yang berkontribusi terhadap aktivitas antifungi. Ekstrak senyawa organik dari bakteri *B. subtilis* dapat menekan pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* sebesar 37 – 90% (Abdallah *et al.*, 2015). Bakteri *B. subtilis* menghasilkan siderofor sehingga mampu menghambat pertumbuhan miselium jamur *F. oxysporum* pada tanaman lada sebesar 19,26 – 94,07% serta mampu mengurangi perkecambahan spora jamur *F. oxysporum* sebesar 8 – 64% (Yu *et al.*, 2011). *B. subtilis* juga dilaporkan dapat menghasilkan gen kitinase yang berperan dalam menghidrolisis dinding sel jamur patogen. Gen kitinase memiliki peran penting dalam aktivitas antagonis bakteri untuk mengendalikan jamur patogen tanaman (Abdallah *et al.*, 2017). Bakteri *P. fluorescens* dapat menghasilkan antibiotik pyoleuterin yang berfungsi sebagai antifungi dan dilaporkan dapat menghambat jamur patogen *Pythium ultimum* pada pembibitan tanaman kapas (Thompson *et al.*, 1999). Bakteri *P. fluorescens* menghasilkan metabolit sekunder seperti HCN yang bisa menghambat patogen dengan menguraikan dinding sel jamur. HCN yang dihasilkan bakteri *P. fluorescens* dilaporkan dapat mengendalikan perkembangan jamur patogen tular tanah *Thielaviopsis basicola* pada tanaman tembakau (Tewari dan Arora, 2013). Siderofor juga dihasilkan oleh bakteri *P. fluorescens* yang berfungsi untuk mengikat Fe dalam tanah sehingga tidak tersedia bagi patogen. *P. fluorescens* dalam bentuk formulasi cair dapat menekan pertumbuhan miselium jamur *Alternaria solani* dan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro* (Manikandan *et al.*, 2010). Bakteri *Corynebacterium* sp. diketahui dapat dimanfaatkan sebagai agens antagonis dan memiliki kisaran yang luas dalam mengendalikan patogen dari golongan jamur dengan menghasilkan siderofor, antibiosis, serta kompetisi nutrisi (Dhinakaran *et al.*, 2012).

Miselium jamur *F. oxysporum* membutuhkan waktu 12 hari untuk tumbuh dan berkembang hingga memenuhi cawan petri (Supriyadi *et al.*, 2013). Berdasarkan pengamatan, pertumbuhan jamur *F. oxysporum* mulai lambat pada pengamatan ke-5 dan ke-6, hal ini ditunjukkan dengan pertumbuhan miselium jamur yang tidak jauh berbeda dengan pengamatan sebelumnya. Diduga pada pengamatan ke-5 dan ke-6 merupakan waktu penghambatan optimum bakteri antagonis terhadap jamur *F. oxysporum*. Penelitian Abdallah *et al.*, (2013) melaporkan bahwa aktivitas antijamur dari *B. subtilis* ditunjukkan antara fase pertumbuhan eksponensial dan stasioner. Aktivitas antijamur semakin meningkat

dan mencapai tingkat tertinggi setelah hari ke-4 sampai hari ke-5 inkubasi. Nilai daya hambat bakteri *P. fluorescens* terhadap jamur *Colletotrichum acutatum* pada 6 hsi lebih besar dibandingkan pada pengamatan 2 hsi (Sriyanti *et al.*, 2015), dan diduga terjadi aktivitas yang sama dengan bakteri *Corynebacterium* sp.

Penghambatan tertinggi pada pengamatan ke-5 dan ke-6 adalah perlakuan konsorsium bakteri *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp. Diasumsikan bakteri *B. subtilis* + *Corynebacterium* dapat bekerjasama dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen ketika diaplikasikan bersama dibandingkan dengan aplikasi tunggal. Senyawa metabolit yang dihasilkan oleh masing-masing bakteri pada perlakuan konsorsium diduga dapat berasosiasi sehingga mampu mengendalikan jamur patogen. Pengaruh gabungan lebih dari satu jenis biokontrol yang berbeda juga dapat memberikan hasil yang baik dalam menekan perkembangan patogen (Singh *et al.*, 1998). Hasil perlakuan bakteri konsorsium lainnya tidak sesuai dengan pendapat Singh *et al.* (1998), hal ini ditunjukkan oleh nilai penghambatan yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan konsorsium bakteri *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp. Hasil tersebut diduga terdapat isolat bakteri yang memiliki viabilitas rendah sehingga menghasilkan nilai penghambatan lebih kecil ketika diaplikasikan secara tunggal maupun aplikasi gabungan dengan bakteri antagonis lainnya, selain itu diduga terdapat bakteri yang tidak sinergis dengan bakteri antagonis lain sehingga mengakibatkan nilai penghambatan yang rendah. Tidak sinergisme antar mikroba memungkinkan terjadi penghambatan diantara bakteri antagonis yang diaplikasikan. Ketidakefektifan konsorsium disebabkan oleh ketidakcocokan antar mikroba sehingga tidak menguntungkan bagi aktivitas biokontrol (Raupach *et al.*, 1998).

#### **4.5 Masa Inkubasi Penyakit *F. oxysporum* pada Tanaman Bawang Merah**

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis secara tunggal dan konsorsium tidak berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi jamur *F. oxysporum*. Hal tersebut dapat diartikan bahwa bakteri antagonis yang diaplikasikan tidak memiliki pengaruh dalam menghambat perkembangan patogen *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah. Aktivitas antagonis yang lemah diduga akibat bakteri antagonis tidak berkembang dengan baik pada media tanam sehingga memiliki kemampuan yang lemah dalam menekan perkembangan patogen.

Masa inkubasi merupakan interval waktu yang dibutuhkan patogen menimbulkan gejala pada tanaman inang setelah melakukan infeksi (Semangun, 2006). Pengaruh bakteri antagonis dalam menghambat perkembangan patogen dapat dilihat dari masa inkubasi yang terjadi. Rerata masa inkubasi yang lebih lama memiliki kemampuan menekan perkembangan penyakit lebih tinggi dibandingkan rerata masa inkubasi yang lebih cepat (Wiyatiningsih dan Sukaryini, 2010).

Tabel 3. Rerata masa inkubasi *F. oxysporum* pada tanaman bawang merah

Perlakuan	Rerata Masa Inkubasi (hsi)
Kontrol	17,50
<i>B. subtilis</i>	20,00
<i>P. fluorescens</i>	18,25
<i>Corynebacterium</i> sp.	19,50
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>	22,50
<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	17,25
<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	17,50
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	21,75
Fungisida	16,75

Keterangan :Data pada tabel merupakan data asli dan ditransformasi menggunakan logaritma.

Lama masa inkubasi berbagai penyakit bervariasi dan dipengaruhi oleh kombinasi hubungan antara inang dengan patogen, tingkat perkembangan inang, dan suhu lingkungan inang yang terinfeksi. Patogen menginfeksi tanaman dan mendapatkan makanan dari sel-sel hidup tanaman, patogen mengeluarkan zat-zat aktif seperti enzim, toksin, dan zat pengatur tumbuh untuk mempengaruhi struktur sel inang selama proses infeksi, disisi lain tanaman merespon dengan berbagai mekanisme pertahanan yang menghasilkan beragam tingkat perlindungan terhadap patogen. Keberhasilan infeksi dipengaruhi oleh kondisi tanaman yang rentan dan patogen harus dalam tingkat patogenik. Suhu dan kelembaban lingkungan tanaman harus dalam kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan patogen (Agrios, 1996). Jamur *F. oxysporum* dapat berkecambah pada suhu 25 – 30°C dan menjadi virulen pada suhu 25 – 28°C, namun pada suhu 38°C patogen akan mati (Sastrahidayat, 2011). Kelembaban optimum pertumbuhan patogen *F. oxysporum* berkisar 60 – 70% (Abawi dan Lorbeer, 1972). Suhu rata-rata harian dan kelembaban lingkungan pada saat penelitian secara berurutan berkisar 26,6 – 29,1°C dan 63% - 83% merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan patogen *F. oxysporum*. Diduga kondisi



tanaman bawang merah yang rentan juga mempengaruhi keberhasilan infeksi patogen.

#### 4.6 Pengaruh Aplikasi Bakteri Antagonis terhadap Kejadian Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Tanaman Bawang Merah

Pengamatan kejadian penyakit busuk pangkal batang pada tanaman bawang merah selama 6 kali pengamatan menunjukkan persentase kejadian penyakit yang bervariasi pada tiap perlakuan (tabel 4).

Tabel 4. Rerata persentase kejadian penyakit pada tanaman bawang merah yang disebabkan oleh *F. oxysporum*

Perlakuan	% Rerata Kejadian Penyakit pada Pengamatan ke-					
	1	2	3	4	5	6
Kontrol	5	5	10	30	40	55
<i>B. subtilis</i>	0	0	0	10	35	60
<i>P. fluorescens</i>	0	0	5	20	40	60
<i>Corynebacterium</i> sp.	0	0	0	20	30	35
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i>	0	0	0	5	20	45
<i>B. subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	5	5	10	35	50	50
<i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	0	10	10	20	30	70
<i>B. subtilis</i> + <i>P. fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	0	0	5	10	20	45
Fungisida	0	0	5	10	25	30

Keterangan : Data pada tabel merupakan data asli dan data pengamatan 1 – 3 ditransformasi menggunakan akar kuadrat, data pengamatan 4 – 6 ditransformasi menggunakan arc sin.

Kejadian penyakit pada perlakuan kontrol dan konsorsium *B. subtilis* + *Corynebacterium* sp. mulai terlihat pada pengamatan hari pertama dan mengalami peningkatan hingga hari keenam secara berurutan sebesar 5 – 55% dan 5 – 50%. Kejadian penyakit pada perlakuan tunggal *P. fluorescens*, perlakuan konsorsium *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp., dan perlakuan fungisida mulai terlihat pada pengamatan hari ketiga masing-masing sebesar 5 – 60%, 5 – 45%, dan 5 – 30%. Perlakuan tunggal *B. subtilis* dan *Corynebacterium* sp. mulai muncul kejadian penyakit pada pengamatan hari keempat secara berurutan sebesar 10 – 60% dan 20 – 35%, sedangkan perlakuan konsorsium *P. fluorescens* + *Corynebacterium* sp. menunjukkan kejadian penyakit pada pengamatan kedua sebesar 10 – 70%.

Hasil aplikasi bakteri antagonis tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kejadian penyakit busuk pangkal batang, dapat diartikan bahwa bakteri antagonis yang diaplikasikan secara tunggal dan konsorsium tidak dapat

mengendalikan patogen *F. oxysporum* secara *in vivo*. Hal ini diduga patogen *F. oxysporum* berkembang lebih cepat pada media tanam sehingga lebih virulen terhadap tanaman bawang merah. Suhu rata-rata harian selama penelitian berkisar 26,6 – 29,1°C merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan patogen *F. oxysporum*. Populasi *F. oxysporum* pada tanah organik lebih besar dibandingkan pada tanah mineral. Konidia *F. oxysporum* dapat berkecambah pada tanah organik dengan membentuk tabung kecambah, kemudian melakukan penetrasi partikel organik, mengalami lisis dan menghasilkan klamidospora. Temperatur optimal untuk perkembangan patogen *F. oxysporum* adalah 25 – 30°C (Sastrahidayat, 2011). Jumlah patogen yang banyak di dekat pertanaman inang menyebabkan semakin banyak inokulum yang mencapai inang sehingga dapat meningkatkan peluang terjadinya penyakit (Sastrasuwignyo, 1991). Serangan patogen yang terjadi dengan cepat juga dapat disebabkan oleh keagresifan patogen dan tingkat kesesuaian patogen terhadap inangnya (Maryani *et al.*, 2005).

Perkembangan populasi patogen yang terjadi secara cepat dan virulensi patogen yang tinggi mengakibatkan mikroba antagonis kurang mampu mengendalikan patogen. Diduga bakteri antagonis tidak dapat berkembang dan berkolonisasi dengan baik pada media tanam akibat dosis yang diaplikasikan terlalu rendah. Patogen akan terhambat ketika populasi antagonis di dalam tanah tinggi. Penambahan dosis bakteri antagonis yang diaplikasikan dapat meningkatkan populasi antagonis sehingga rata-rata populasi patogen pada media tanam menurun (Agrios, 1997). Faktor penentu keberhasilan pengendalian secara biologi yaitu kolonisasi rhizosfer oleh mikroorganisme antagonis. Mikroorganisme yang mampu berkompetisi terhadap nutrisi dan menghasilkan antibiotik pada rhizosfer dapat menghambat patogen untuk berpoliferasi (Cook dan Baker, 1983).

#### **4.7 Pengaruh Aplikasi Bakteri Antagonis terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah**

**Tinggi tanaman.** Perlakuan bakteri antagonis secara tunggal dan konsorsium tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bawang merah. Rerata tinggi tanaman bawang merah dari semua perlakuan pada pengamatan 8 hst sebesar 5,43 – 7,90 cm. Rerata tinggi tanaman bawang merah pada pengamatan 11 hst sebesar 11,32 - 13,85 cm. Rerata tinggi tanaman

bawang merah pada pengamatan 15 hst sebesar 16,35 – 18,20 cm. Rerata tinggi tanaman bawang merah pada pengamatan 18 hst sebesar 17,83 – 19,90 cm. Rerata tinggi tanaman pada pengamatan 22 dan 25 hst secara berurutan sebesar 12,55 – 18,13 cm dan 7,33 – 17,73 cm (tabel 5).

Tabel 5. Rerata tinggi tanaman bawang merah setelah aplikasi bakteri antagonis

Perlakuan	Rerata tinggi tanaman (cm)					
	8 hst	11 hst	15 hst	18 hst	22 hst	25 hst
Kontrol	5,43	11,32	16,35	17,88	13,85	10,90
<i>B.subtilis</i>	6,96	12,85	17,20	17,83	14,48	9,10
<i>P.fluorescens</i>	7,50	13,00	18,20	17,85	13,50	9,60
<i>Corynebacterium</i> sp.	6,65	13,25	18,33	19,73	16,63	16,20
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i>	7,57	13,68	18,10	19,90	18,13	11,90
<i>B.subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	6,86	12,13	16,95	18,55	12,55	12,68
<i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	6,68	12,65	15,93	15,60	15,53	7,33
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	7,68	13,85	18,09	19,33	16,93	12,86
Fungisida	7,90	13,45	16,35	19,58	17,80	17,73

Keterangan :Data pada tabel merupakan data asli dan ditransformasi menggunakan logaritma.

**Jumlah daun.** Aplikasi bakteri antagonis secara tunggal dan konsorsium tidak berpengaruh nyata terhadap rerata jumlah daun tanaman bawang merah.

Tabel 6. Rerata jumlah daun tanaman bawang merah setelah aplikasi bakteri antagonis

Perlakuan	Rerata jumlah daun					
	8 hst	11 hst	15 hst	18 hst	22 hst	25 hst
Kontrol	3,30	6,05	8,85	10,15	7,75	5,30
<i>B.subtilis</i>	3,20	5,00	7,75	8,20	6,30	4,05
<i>P.fluorescens</i>	4,30	6,15	8,50	8,65	7,25	5,40
<i>Corynebacterium</i> sp.	3,75	5,35	7,85	8,50	7,35	6,70
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i>	3,25	6,10	8,80	9,75	8,65	5,55
<i>B.subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	3,50	5,00	7,35	7,10	4,60	4,85
<i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	3,80	5,65	8,05	7,85	7,60	3,90
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	4,55	6,55	9,95	10,30	9,75	7,20
Fungisida	4,00	6,35	8,50	9,60	8,80	8,60

Keterangan :Data pada tabel merupakan data asli dan ditransformasi menggunakan logaritma.

Rerata jumlah daun bawang merah dari semua perlakuan pada pengamatan 8 hst sebesar 3,20 - 4,55 daun. Rerata jumlah daun bawang merah pada pengamatan 11 hst sebesar 5,00 – 6,55 daun. Rerata jumlah daun

bawang merah pada pengamatan 15 hst sebesar 7,35 – 9,95 daun. Rerata jumlah daun pada pengamatan 18 hst adalah 7,10 – 10,30 daun, sedangkan rerata jumlah daun pada pengamatan 22 dan 25 hst secara berurutan berkisar antara 4,60 – 9,75 daun dan 3,90 – 8,60 daun (tabel 6).

**Berat basah.** Berat basah tanaman bawang merah diukur pada 30 hst. Hasil analisis ragam menunjukkan berat basah tanaman bawang merah pada perlakuan bakteri antagonis baik tunggal maupun konsorsium tidak berpengaruh nyata terhadap perlakuan kontrol dan fungisida. Hal tersebut dapat diartikan bahwa aplikasi bakteri antagonis dan fungisida tidak mempengaruhi penambahan berat basah tanaman. Rerata berat basah tanaman bawang merah dari semua perlakuan setelah aplikasi bakteri antagonis sebesar 2,16 – 6,26 gram (tabel 7).

Tabel 7. Rerata berat basah tanaman bawang merah setelah aplikasi bakteri antagonis

Perlakuan	Berat Basah (gram)
Kontrol	2,88
<i>B.subtilis</i>	2,16
<i>P.fluorescens</i>	4,51
<i>Corynebacterium</i> sp.	3,56
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i>	6,18
<i>B.subtilis</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	2,34
<i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	4,00
<i>B.subtilis</i> + <i>P.fluorescens</i> + <i>Corynebacterium</i> sp.	6,26
Fungisida	3,11

Keterangan :Data pada tabel merupakan data asli dan ditransformasi menggunakan akar kuadrat.

Berdasarkan pengamatan, tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman bawang merah mengalami penurunan pada pengamatan 18 – 25 hst, hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah tanaman yang terserang *F. oxysporum* hingga menyebabkan kematian tanaman sehingga tidak dapat dilakukan penghitungan tinggi tanaman dan jumlah daun. Aplikasi mikroba antagonis secara tunggal dan konsorsium tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah. Diasumsikan karena mikroba tidak dapat berkolonisasi dengan baik di dalam tanah dan di perakaran tanaman sehingga tidak dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, selain itu keberadaan atau infeksi patogen mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Serangan patogen dapat mengakibatkan perubahan fisiologis tanaman sehingga pertumbuhan tanaman terhambat (Agrios, 2005). Kolonisasi mikroba antagonis pada

permukaan akar dan di sekitar rhizosfer dipengaruhi oleh faktor abiotik. Suhu lingkungan dapat mempengaruhi perkembangan sel, mengubah proses metabolik tertentu dan morfologi sel mikroba. Keragaman suhu juga dapat mempengaruhi efektivitas senyawa antifungi yang dihasilkan oleh bakteri dan pertumbuhan jamur patogen, hal ini berkaitan dengan interaksi antara patogen tanaman dan antagonis di dalam tanah (Pierson *et al.*, 1994; Pelczar *et al.*, 1986). Suhu lingkungan pada saat penelitian berkisar 26,6 – 29,1°C merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan jamur *F. oxysporum* dan bakteri antagonis, namun hasil penelitian tidak sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa suhu lingkungan yang baik untuk pertumbuhan bakteri *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. berurutan adalah 11 - 52°C, 20 - 40°C, dan 37°C (Budde *et al.*, 2006; Suyono dan Salahudin, 2011).

Metode aplikasi yang digunakan dapat berpengaruh terhadap kemampuan antagonis membentuk koloni pada media tanam. Diduga aplikasi suspensi antagonis dengan metode penyiraman tidak dapat memberikan pengaruh terhadap bakteri antagonis untuk berkolonisasi pada daerah perakaran tanaman sehingga diperlukan metode lain untuk mengetahui aplikasi bakteri antagonis yang lebih efektif. Penelitian Hastopo *et al.* (2008) melaporkan bahwa metode perendaman bibit tomat dengan bakteri *B. subtilis* dan *P. fluorescens* selama 10 menit dapat menurunkan populasi patogen *F. oxysporum* sebesar 31,59%. Perendaman bibit bawang merah dengan bakteri *P. fluorescens* P60, jamur *Trichoderma harzianum*, dan *T. koninggi* selama 30 menit dapat menurunkan intensitas penyakit *F. oxysporum* (Santoso, *et al.*, 2007). Keefektifan pengendalian hayati tidak hanya bergantung pada agens biokontrol tetapi juga bergantung pada metode dan strategi dalam menginduksi serta mengaktifkan mikroorganisme dalam berasosiasi dengan tanaman (Cool dan Baker, 1983).